

## Planktonikus baktériumközösségek vizsgálata a Fertő vizében (nyílt víz, belső tó, nádas)

Szuróczi Sára\*, Korponai Kristóf\*, Sári Eszter\*, Tugyi Nóra\*\*, Felföldi Tamás\*, Somogyi Boglárka\*\*, Márialigeti Károly\*, Tóth Erika\*

\* Eötvös Loránd Tudományegyetem, Mikrobiológiai Tanszék; 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/c.;

\*\* Magyar Tudományos Akadémia, Ökológiai Kutatóközpont, Balatoni Limnológiai Intézet, 8237 Tihany, Klebelsberg Kuno út 3.

### Kivonat:

A Fertő Európa legnyugatibb fekvésű szikes tava, vize sekély, enyhén alkalikus. 2015 novemberében egy nyílt vízi pont, a Kis-Herlakni belső tó és egy náddal borított terület planktonikus baktériumközösségét vizsgáltuk. Célunk volt a három eltérő vízes környezet mikrobiológiai aktivitásának és az itt élő baktériumok mennyiségének esetleges különbségeit feltárni, továbbá tenyésztési technikák segítségével meghatározni a baktériumközösségek összetételét. Mindhárom mintavételi ponton a Proteobacteria phylum képviselői alkották a tenyészetek többségét, de megjelentek az Actinobacteria, Firmicutes és Bacteroidetes törzsek tagjai is. A Verrucomicrobia törzs képviselőit csak a nádas vízből mutattuk ki. A Kis-Herlakni belső tó vizéből és a nyílt vízből a Rheinheimera nemzetség képviselőit mutattuk ki legnagyobb számban, míg a nádas vízből a Pseudomonas nemzetséget. A hazai szikes vizékből gyakran kimutatott Hydrogenophaga nemzetség mindhárom mintavételi helyen megjelent. A heterotróf baktériumok milliliterenkénti mennyisége 103-104 nagyságrendű volt, a szulfát-redukáló baktériumoké elérte a 103 nagyságrendet, míg a nitrifikáló és fermentáló baktériumok az összes mintavételi ponton alacsonyabb számban voltak jelen (100-102 MPN\*ml<sup>-1</sup>). A baktériumok mennyisége a több huminanyagot tartalmazó mintavételi pontokon volt nagyobb, ellentétben a nyílt vízzel, ahol a fitoplankton volt jelentősebb.

**Kulcsszavak:** Fertő, tenyésztési eljárás, baktériumközösség, 16S rRNS gén szekvencia analízis, EcoPlate, heterotróf bakteriális aktivitás

## Investigations on the bacterioplankton in the water of Lake Fertő (open water, an inner lake and a reed-covered area)

### Abstract:

Lake Fertő, the westernmost steppe lake of Europe, is shallow with slightly alkaline water. The bacterioplankton of the open water, the water of the Kis-Herlakni inner pond and the water of a reed-covered area were investigated in November 2015. The aim of this study was to reveal the differences present in the microbial activity and bacterial abundance at the three sampling sites, and furthermore, to determine the structure of cultivable bacterial communities. Based on cultivation, members of phylum Proteobacteria were characteristic in each sample. However, representatives of Actinobacteria, Firmicutes and Bacteroidetes were also identified. Strains of phylum Verrucomicrobia appeared only in the reed covered area. In the open water and the Kis-Herlakni inner pond the most frequently isolated genus was Rheinheimera, in the reed covered-area the genus Pseudomonas was characteristic. Genus Hydrogenophaga frequently detected in Hungarian soda pans was isolated from all of our sampling sites. The abundance of heterotrophic bacteria per millilitre ranged in the magnitudes 103-104, sulphate-reducing bacteria reached the 103 magnitude, while the nitrifying and fermentative bacteria were presented only in lower numbers (100-102 MPN\*ml<sup>-1</sup>) in all sampling sites. In those sampling points (inner pond, reed covered area) which contained higher amounts of humic substances, the abundance of bacteria was higher, contrary to the open water, where phytoplankton was more abundant.

**Keywords:** Lake Fertő, cultivation, bacterial community, 16S rRNA sequence analysis, EcoPlate, heterotrophic bacterial activity

### BEVEZETÉS

A Fertő Európa legnagyobb sekély, alkalikus, szikes tava, sótartalma jelentős, főleg nátrium, magnézium, hidrogén-karbonát, szulfát és klorid ionokat tartalmaz nagy koncentrációban (Dinka és társai 2004). A tó teljes területének körülbelül 55%-át (309 km<sup>2</sup>), a magyar tórésznek pedig 85%-át (75 km<sup>2</sup>) nádas (*Phragmites australis*) fedi, amelyben ún. belső tavak alakultak ki (Dokulil 1979). Ezeket a belső tavakat a nyílt vízzel mesterséges csatornák köthetik össze. A nyílt víznek és a belső tavaknak hasonló az ionösszetétele, pH-ja és vezetőképessége, viszont az átlátszóságuk nagyon különbözik (Dinka és társai 2004). A Fertő nyílt vize igen kis átlátszóságú a magas szervesanyag tartalom miatt, ami a szél üledékfelkeverő hatásának köszönhető (Dokulil 1979; Somogyi és társai 2010). A belső tavak és nádasok a makrofíton-vegetáció következtében védettebbek a szél hatására történő felkeveredéstől, ezáltal vizük átlátszóbb, azonban a bomló növényi (pl. nád, rence) maradványokból származó színes, oldott

szervesanyagok (humanyagok) miatt színük barna (Dokulil 1979).

A tó mikrobaközösségével már korábbi kutatások is foglalkoztak. Borsodi (1990) a Fertő magyarországi nyílt vízi régióját vizsgálva megállapította, hogy a bakterioplankton legfőbb taxonjai a *Pseudomonas alcaligenes*, a *Micrococcus varians*, a *Micrococcus agilis* valamint a nem azonosított *Flavobacterium* fajok, továbbá a Fertő-tó nyílt vize nagy számban tartalmaz olyan baktériumokat, amelyek nagy sókoncentrációhoz és magas pH-értékekhez alkalmazkodtak (Borsodi 1990). A belső tavak planktonikus baktériumközösségében Kurdi és Borsodi (1995) szerint *Micrococcus varians*, *Flavobacterium odoratum* és *Flavobacterium breve* fajok jelentek meg nagy számban, amelyek respiratorikus anyagcseréjük és a tó szikes vizéhez adaptálódva szintén jelentős sótűrőképességűek. A nádas epifita baktériumközösségéből főleg „korineform” szervezeteket (pl. *Arthrobacter*

sp.) izoláltak (Borsodi és társai 1998). A nyílt víz, a belső tavak és a nádas régió fenékküledéknek baktériumközösségét 93%-ban a *Bacillus* nemzetség alkotta (Borsodi és Sallai 1997). Somogyi és társai (2011) megállapították, hogy a Fertőben a vízszlop turbiditásának növekedésével a pikoalgák maximális abundanciája illetve a fitoplankton biomasszából való részesedése növekvő tendenciát mutat (Somogyi és társai 2011). Az elsődleges termelésben meghatározó szerepet játszó fotoautotróf pikoplankton képviselőiként a *Synechococcus* sp. és *Nannochloris* sp. taxonokat azonosították (Felföldi és társai 2011).

Jelen munka célja a Fertő különböző típusú vizes élőhelyein (nyílt víz, Kis-Herlakni belső tó és egy náddal borított terület) a heterotróf mikrobiológiai aktivitás és a tenyésztendő bakteriális diverzitás feltárása volt egy novembri mintavételt követően.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

A mintavétel 2015. november 10-én történt a Fertő három különböző pontjának vízteréből: az osztrák-magyar határon található nyílt vízi B0 pontról (É. sz. 47,7350; K. h. 16,7190), a Kis-Herlakni belső tóból (É. sz. 47,6850; K. h. 16,7030) és egy náddal borított területről (É. sz. 47,6540; K. h. 16,7250). Ezen a napon a térségben erőteljes szeles idő volt, a szélesség 27–48 km/h közé esett ([https://www.windguru.cz/archive.php?id\\_spot=235&id\\_model=3](https://www.windguru.cz/archive.php?id_spot=235&id_model=3)). Mindegyik mintavételi helyszínen megmértünk a víz mélységét, a víz hőmérsékletét és a Secchi-átlátszóságot Somogyi és társai (2011) alapján. A tenyésztés vizsgálatokhoz a vízmintákat vízszlop mintavevővel gyűjtöttünk, ez által az aktuális vízmélységnek megfelelő mélységtől egészen a víz felszínéig egy egybefüggő vízszlopot mintáztunk. A vízszlop mintavevő által vett mintákból 1–1 liternyit steril csavarkupakos üvegekben, hűtőtáskában a laboratóriumba szállítottuk.

### A fizikai paraméterek, az a-klorofill koncentráció és a baktériumok sejtszámának meghatározása

A pH-t és a vezetőképességet WTW pH315i, illetve Hanna HI9033 terepi mérőműszer segítségével határoztuk meg. Az a-klorofill koncentrációjának meghatározásához a vízmintákat forró metanolban extraháltuk, majd pigment tartalmát Shimadzu UV-VIS 160A spektrofotométerrel határoztuk meg (Németh 1998). A szervetlen lebegőanyag tartalmat gravimetriásan mértük (Eaton és társai 1995). A platina-szín meghatározása V.-Balogh és társai (2009) alapján történt. A tóvíz milliliterenkénti összes mikrobaszámának meghatározásához DAPI (4,6-diamidino-2-fenilindol-dihidroklorid) festési eljárást alkalmaztunk (Hobbie és társai 1977). A vízmintákat a DAPI fluorokróm hozzáadása után 5 percig inkubáltuk, majd 0,2 µm pórusátmérőjű, fekete polikarbonát membránszűrőn (Millipore) átszűrtük. A preparátumokat Olympus BX51 mikroszkóppal vizsgáltuk 1000x nagyítás mellett, ultraibolya fénnel (UV-MNU2) gerjesztve. A preparátumokról digitális kamerával (Olympus DP71) felvételeket készítettünk (minimum 10 látótér v. 300 sejt), majd azok kiértékelésével határoztuk meg a sejtszámot.

### A baktériumok tenyésztése és azonosítása

A három tóvízi minta tenyésztendő baktériumközösségének meghatározásához R2A (Reasoner és Geldreich,

1985) táptalajt (pH: 8,5), valamint Kéki és társai (2013) alapján szerves anyagokat alacsony koncentrációban tartalmazó M4 médiumot (pH: 8,5) alkalmaztunk, amelyet Davis és társai (2004) szerint módosítottunk. A táptalajok elkészítéséhez Fertő nyílt vízi mintavételi pontjáról (B0) származó vizet, szilárdításához vagy agar-agart vagy gellángumit használtunk. A mintákat a standard mikrobiológiai szabályoknak megfelelően (Sanders 2012) szélesztettük, az inkubációs idő 23 °C-on 3 hétig tartott. A közvetlen szélesztés mellett a mintákat 3 hétig 23 °C-on M4 táplevesben is dúsítottuk, majd a dúsított minták szélesztéses feldolgozását is elvégeztük Szuróczi és társai (2016) alapján. A táptalajokról a baktériumtörzseket random módon izoláltuk. A baktériumtörzsekből a DNS kivonás Szuróczi és társai (2016) alapján történt. A polimeráz láncreakció során a 16S rRNS-t kódoló gént Kalwasińska és társai (2015) alapján a 27F és 1492R primerek segítségével szaporítottuk fel. A baktériumtörzsek ARDRA csoportosítása és faji szintű azonosítása Szuróczi és társai (2016) alapján történt.

### A különböző anyagcserével jellemezhető baktériumcsoportok mennyiségének és a közösségek szénforrás-hasznosításának meghatározása

Határhígításos (MPN – „most probable number”, legvalószínűbb sejtszám) módszer alkalmazásával, mikrotiter lemez segítségével (Rowe és társai 1977) elvégeztük a heterotróf baktériumok, a nitrifikáló, a fermentatív és a szulfátredukáló baktériumok legvalószínűbb sejtszámának becslését. A heterotróf baktériumok MNP értékének meghatározásához R2A levesben (pH: 8,5) 8 tagú, tízszeres hígítási sorozatot készítettünk 5 párhuzamosban, a mikrotiter lemezeket 23 °C-on 1 hétig inkubáltuk. A nitrifikáló baktériumok MPN értékét Lipponen és társai (2002) alapján becsültük meg (12 tagú, kétszeres hígítási sorozat, 7 párhuzamosban). A fermentatív baktériumok legvalószínűbb sejtszámának meghatározásához az alábbi savtermelő levest alkalmaztuk: kazein pepton, 5 g; élesztőkivonat, 2,5 g; KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 1,2 g; glükóz, 11 g; Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, 2g; brómtimolkék, 32 mg, 1000 ml desztillált víz, pH: 8,5. A vízmintákból 8 tagú, tízszeres hígítási sorozatot készítettünk 5 párhuzamosban. Az inkubálás 2 hétig, anaerob rendszerben (Forma Scientifica), 23 °C-on történt. A pozitív reakciót a brómtimolkék indikátor sárga színű átcsapása jelezte. A szulfátredukáló baktériumok legvalószínűbb sejtszámának becsléséhez módosított Postgate's Medium B (Postgate 1984) táptalajt alkalmaztunk 2 g Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> hozzáadásával, pH: 8,5 értéken, továbbá a vegyessav elegy csak tejsav:ecetsav 1:1 arányú keverékét tartalmazta. A vízmintákból 8 tagú, tízszeres hígítási sorozatot készítettünk 5 párhuzamosban. A termosztálás anaerob rendszerben (Forma Scientifica), 2 hétig, 23 °C-on történt. A legvalószínűbb sejtszám értékeket Garthright és Blodgett (2003) kalkulátora alapján határoztuk meg. Az adott élőhelyeken a teljes baktériumközösség szénforrás-hasznosítási profilját Biolog® EcoPlate segítségével teszteltük (Gryta és társai 2014). Az inkubálás 23 °C-on, 5 napig történt, majd az abszorbancia adatokat 590 nm-en ELISA Reader (Labsystems Multiscan PLUS) készülékkel olvastuk le.

## EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

Novemberi mintavételünk során a Fertő általános fizikai paramétereit és a-klorofill tartalmát az 1. táblázat tartalmazza. A három víztér zavarosságának vizsgálata során a legkisebb Secchi-átlátszóságot és legmagasabb lebegőanyag-mennyiséget a nyílt vízi B0 pontban tapasztaltuk. Itt az erős szél miatt a víz felkeveredett, ezzel szemben a Kis-Herlakni belső tó és a nádas vize fenéig átlátszó volt, a szél hatása a

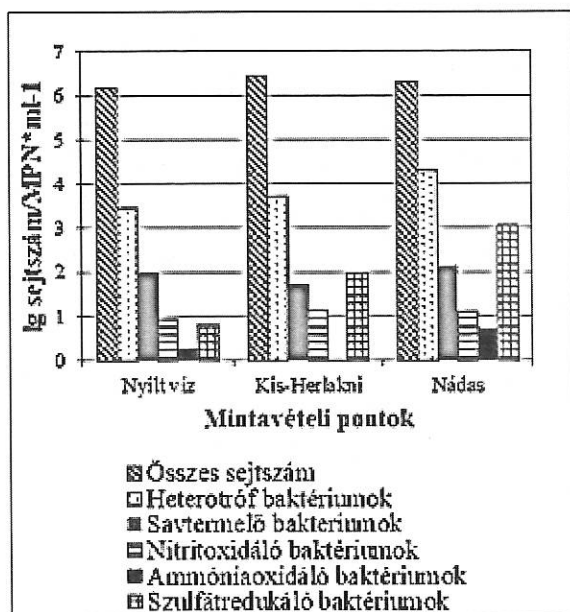
vegetáció miatt kevésbé érvényesült. A színes oldott szervesanyagok (CDOM) mennyisége (Pt-szín) a B0 pontban volt a legalacsonyabb, míg a belső tó és a nádas vizében egy nagyságrenddel nagyobb értékeket kaptunk, amely a szerves növényi anyagok bomlásából a víztestbe kerülő huminanyagoknak volt köszönhető. A nyílt vízi területen a fitoplankton biomassa (a-klorofill koncentráció) jelentősen magasabb volt, mint a másik két vizsgált területen.

1. táblázat. A mintavétel során mért fizikai paraméterek és az a-klorofill koncentráció a Fertő nyílt vizében (B0), belső tavának (Kis-Herlakni), valamint egy náddal borított területének vizében

Table 1. Physical parameters and a-chlorophyll concentration measured in the open water of Lake Fertő (B0), water of an inner pond (Kis-Herlakni) and the water of a reed-covered area

	Nyílt víz (B0)	Kis- Herlakni	Nádas
Secchi-átlátszóság (cm)	27	100	110
Vízmélység (cm)	150	100	110
Hőmérséklet (°C)	9,8	9,9	10,7
pH	9,67	9,15	9,17
Vezetőképesség ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ )	1920	2080	2000
Szervetlen lebegőanyag konc. ( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ )	39,2	1,76	3,16
CDOM ( $\text{mg}\cdot\text{Pt}\cdot\text{l}^{-1}$ )	20,8	122,3	128,2
a-klorofill koncentráció ( $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ )	7,81	2,34	3,31

A baktériumok összes sejtszáma azt mutatta, hogy a prokarióták mennyisége az eltérő mintavételi területeken hasonló, mindhárom mintavételi ponton 106-os nagyságrendű volt (B0:  $1,52\cdot 10^6$  sejt $\cdot\text{ml}^{-1}$ , Kis-Herlakni:  $2,59\cdot 10^6$  sejt $\cdot\text{ml}^{-1}$ , nádas:  $2,11\cdot 10^6$  sejt $\cdot\text{ml}^{-1}$ ). A heterotróf baktériumok legvalószínűbb sejtszámának becslése során a legalacsonyabb értéket a nyílt vízben kaptuk, a legmagasabbat pedig a nádas vizében (1. ábra).



1. ábra. A baktériumok összes sejtszáma és a különböző baktériumcsoportok mennyisége a Fertő három mintavételi pontján

Figure 1. Total cell count and the amount of different bacterial groups in three sampling points of Lake Fertő

Általánosan megfigyelt jelenség, hogy a mikroszkópos sejtszámolás során kapott értékek a tenyésztéssel kapott MPN értékeknél mindig egy-két nagyságrenddel magasabbak (Harwani 2013). Ez a jelenség az úgynevezett „great

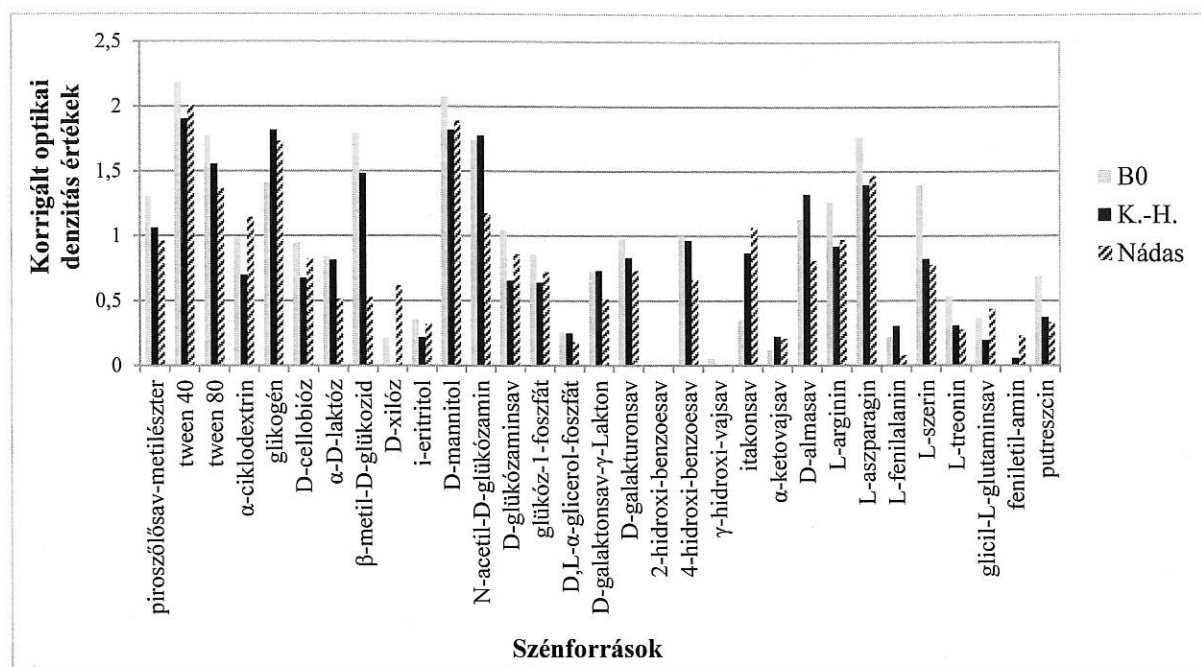
plate count anomaly” (a nagy telepszámlálási anomália), amelynek oka, hogy számos baktérium úgynevezett VBNC (viable, but non culturable – életképes, de tenyésztésbe nem vonható) állapotban van (Harwani 2013). A nitrifikációban részt vevő baktériumok az (ammónia-oxidáló és a nitrit-oxidáló baktériumok) MPN értéke alacsony volt: az ammónia-oxidálók száma nem érte el a tízes nagyságrendet milliliterenként, a nitrit-oxidálók MPN értéke kis mértékben meghaladta azt. Ez nem meglepő, hiszen ezen szervezetek többnyire kemolitotróf életmódot folytató, aerob baktériumok. A savtermelő baktériumok ennél lényegesen nagyobb számban voltak jelen ( $101\text{--}102$  MPN $\cdot\text{ml}^{-1}$ ), közülük sokan fakultatív anaerob szervezetekként szerves anyagok degradációjában vesznek részt, gyakran oxigénmentes körülmények között. A szulfát-redukáló prokarióták száma a nádas vizében magasnak bizonyult, elérte a  $103$  MPN $\cdot\text{ml}^{-1}$  értéket. Itt a bomló növényi szerves anyagok nagyobb mennyisége és a zártabb vízfelület kedvez az időszakosan kialakuló anaerob mikromiliók megjelenésének. Egyes baktériumcsoportok mennyisége (pl. szulfátredukáló, heterotróf baktériumok) tehát a több huminanyagot tartalmazó mintavételi pontokon (nádas és Kis-Herlakni belső tó) enyhén magasabb volt, de a három mintavételi ponton mért legvalószínűbb sejtszámok (MPN) többségében hasonló nagyságrendű értékeket tapasztaltunk.

Az eltérő környezetek szénforrás értékesítési spektruma alapján elmondható, hogy a legnagyobb összaktivitás értéket a nyílt vízi régió mutatta, annak ellenére, hogy a heterotróf baktériumok legvalószínűbb sejtszám adatai itt voltak a legalacsonyabbak. Ez jelzi, hogy az alacsonyabb MPN értékek nem mindig párosulnak alacsonyabb aktivitási értékekkel (szűkebb szénforrás-hasznosítási profillal) (Giovannelli és társai 2013). A legalacsonyabb összaktivitás értéket a nádas régióban tapasztaltuk, ahol egyes szénforrások (pl.  $\alpha$ -D-laktóz,  $\beta$ -metil-D-glükózid, D,L- $\alpha$ -glicerol-foszfát és az L-szerin) bontásá-



nak képessége alacsonyabb volt (2. ábra). A biopolimerek (pl. Tween 40 és 80, glikogén) bontásának képessége

mindhárom minta mikrobaközössége esetében erőteljesnek bizonyult (2. ábra).

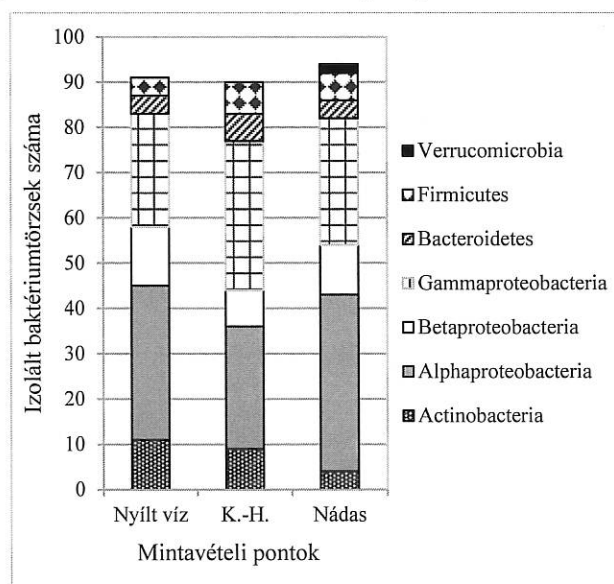


2. ábra. Az 590 nm hullámhosszon mért korrigált optikai densitás értékek (EcoPlate) a nyílt vízben (B0), Kis-Herlakni belső tó és a nádas vizében

Figure 2. Corrected optical density values (590 nm) based on EcoPlate studies of the open water (B0), the water of Kis-Herlakni inner pond and the water of a reed-covered area

Egyéb tenyésztési vizsgálataink során a három különböző vizes környezetből összesen 275 baktériumtörzset izoláltunk és vontunk tenyésztésbe: a nyílt vízből 91, a Kis-Herlakni belső tó vizéből 90, a nádas vizéből pedig 94 törzset: aerob és fakultatív

anaerob, zömében légző szervezeteket, de tenyésztéssel kimutattunk fakultatív fényhasznosító prokariótákat is. A mintákból kitenyésztett magasabb rendszertani egységek (phylum, osztály) megoszlását a 3. ábra mutatja.



3. ábra. A magasabb rendszertani egységek (phylum, osztály) megoszlása a különböző mintavételi pontokon

Figure 3. Distribution of bacterial taxa (phylum, class) among the sampling point

A 16S rRNS génszekvenciájuk alapján a nyílt vízből 46, a belső tóból 40, a nádasból 49 különböző baktériumfajt sikerült azonosítanunk, tehát mindhárom élőhely típus diverz tenyészthető baktériumközösséggel jellemezhető. Érdekes megjegyezni, hogy ezek közül mindössze 11-et sikerült mindhárom mintából izolálni, ezek zömében természetes vizekben gyakran fellelhető taxonok:

*Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Flavobacterium*, *Blastomonas*. A *Pseudomonas* nemzetség ubikviter talaj és vízi ökoszisztémákban (Dworkin és társai 2006b, Kurdi és Borsodi 1995). A *Micrococcus* nemzetségbe tartozó fajok nagy részét talaj, édesvízi, tengeri, levegő és növényi mintákból írták le (Dworkin és társai 2006a). A *Flavobacterium* nemzetség talajban, édesvízben, tengervízben,

meleg, mérsékelt vagy sarki élőhelyen is előfordul (Bernardet és Bowman 2010). A *Blastomonas* nemzetség édesvizekre jellemző (Sly és Cahill 1997). Ezen nemzetségek (*Pseudomonas*, *Blastomonas*, *Flavobacterium*, *Micrococcus*) tagjait egyéb szikes vizekből is leírták (Rusznay és társai 2008a, Korponai és társai 2016). Fényhasznosító taxonokat (*Erythromicrobium*, *Porphyrobacter*, *Roseococcus*, *Rhodobacter*) szintén mindhárom mintavételi ponton találtunk. Elmondható, hogy a Proteobacteria törzs mindhárom minta tenyészthető közösségében dominánsan előfordult, relatív abundanciájuk 79% és 82% között alakult (3. ábra). A nyílt vízben és a nádas vízében az Alphaproteobacteria osztály képviselői jelentek meg nagy mennyiségben, míg a Kis-Herlakni belső tó vízében a Gammaproteobacteria osztály tagjai. Az Actinobacteria, Firmicutes és Bacteroidetes törzsek tagjait szintén mindhárom területről kimutattuk. Az édesvízi baktériumközösségeket legtöbb esetben kiegészítő Verrucomicrobia törzs képviselői (Newton és társai 2011) csak a nádas vízében jelentek meg a tenyésztés során (3. ábra). Ezen baktériumok nehezen tenyésztethetők, több fajuk obligát anaerob (Schlesner és társai 2006).

A nádas vízből a *Pseudomonas* nemzetség tagjait (izolátumok 15%-a) tenyésztettük ki nagy számban. Ezen nemzetség tagjait a velencei-tavi nádas perifitonján a tenyésztésbe vont baktériumok között korábban szintén domináns taxonként mutatták ki (Ács és társai 2003). Általában elmondható, hogy a nemzetség tagjai fontos szerepet játszanak a szerves anyagok mineralizációjában, mivel jól tolerálják a magas szervesanyag-koncentrációt és változatos lebontó anyagcserével rendelkeznek (Wand és társai 1997). A nyílt vízből és a Kis-Herlakni belső tó vízből a legnagyobb számban a *Rheinheimera* nemzetség tagjait tenyésztettük ki (izolátumok 15-23%-a). Ezen nemzetséget irodalmi adatok alapján változatos környezetekből izolálták (pl. árvízszűnyög petéje, rizs gyökere, játszótér földje, vizes környezetek) (Halpern és társai 2007, Zhang és társai 2008, Ryu és társai 2008, Giovannoni és társai 2005, Zhou és társai 2009). Magyarországi vizekből szintén leírták: a Hévízi-tó üledékéből tenyésztési vizsgálatokkal Krett és társai (2009, 2013), a Kelemen-szék és Nagy-Vadas szikes tavak nádasának perifitonjáról Rusznay és társai (2008b), egy alkalikus és magas sótartalmú Hármaskörös holtág üledékéből Borsodi és társai (2016) is kimutatták a *Rheinheimera* nemzetséget. Ezen aerob, kemoheterotróf baktériumok jelen környezetekben széles szubsztrát-hasznosítási képességüknek köszönhetően (Brettar és társai 2002) valószínűleg erőteljesen hozzájárulnak a tó szervesanyag dekompozíciójához. Emellett megállapították, hogy némely fajuk (pl. *Rheinheimera aquatica* - Chen és társai 2010, Chen és Chiu 2010) antibiotikum/antimikrobiális anyag termelőképesseggel rendelkezik: egy olyan makromolekulát termel, ami a hidrogén-peroxid képződését serkenti, ezáltal gátló hatást fejt ki bizonyos Gram-negatív és Gram-pozitív baktériumokra, algákra és élesztőkre (Chen és társai 2010). Az általunk izolált *Rheinheimera* fajok (*Rheinheimera soli*, *Rheinheimera chironomi* és *Rheinheimera tangshanensis*) domináns megjelenése a tenyésztett baktériumaink között további vizsgálatok tárgyát képezheti, de nem kizárt, hogy

egy általuk termelt antimikrobiális anyag lehet felelős előfordulásukért.

A Fertőn végzett korábbi vizsgálatok alapján a nyílt víz tenyészthető baktériális vízi közösségeit a *Pseudomonas*, *Micrococcus* és *Flavobacterium* nemzetségekbe sorolható fajok alkották legnagyobb számban (Borsodi 1990). Ezen nemzetségeket mi is kimutattuk a nyílt vízből, de lényegesen kisebb arányban (izolátumok 5, 1 és 2%-a), ennek oka részben az eltérő tenyésztési technikákban keresendő. Kurdi és Borsodi (1995) szerint a belső tavak planktonikus baktériumközösségében a *Micrococcus* és a *Flavobacterium* nemzetségek domináltak (Kurdi és Borsodi 1995), míg a Kis-Herlakni belső tóból izolált törzseink között jelenleg csak 2-3%-ban voltak jelen ezen nemzetségek. Borsodi és társai (1998) munkássága alapján a nádas epifitikus mikrobaközösségét nagy részben *Arthrobacter*, *Pseudomonas* és *Flavobacterium* nemzetségek alkották (Borsodi és társai 1998), amely nemzetségek közül a *Pseudomonas* jelen kutatás során szintén domináns szervezatként jelent meg a nádas vízében. Borsodi és Sallai (1997) a Fertő több pontján (köztük a Kis-Herlakni belső tavon) a fenéköledék alkalofil baktériumközösségeit vizsgálták, és a faji szinten identifikált baktériumtörzsek 93%-a *Bacillus* nemzetségbe nyert besorolást (Borsodi és Sallai 1997). Az általunk vizsgált mintavételi pontokon csak 1-4%-os arányban mutattuk ki a *Bacillus* nemzetség képviselőit, de jelen esetben nem volt külön cél az alkalofil prokarióták tenyésztése. Borsodi és Sallai (1997) által izolált *Bacillus horikoshii* fajt a Kis-Herlakni belső tó vízből szintén sikerült tenyésztésbe vonnunk.

A Fertő mindhárom mintavételi pontján nagy számban előforduló *Hydrogenophaga* nemzetséget (fakultatív kemolitotróf szervezetek) más magyarországi szikes tavakból (Zab-szék, Sós-ér, Nagy-Vadas, Kelemen-szék, Velencei-tó, Bűdös-szék) is leírták (Korponai és társai 2016, Rusznay és társai 2008b, Borsodi és társai 2016, Borsodi és társai 2007, Szabó és társai 2015). A Fertő nádas vízből kimutatott *Kocuria* nemzetség a Kelemen-székben és a Velencei-tóban is megtalálható volt (Rusznay és társai 2008b, Borsodi és társai 2007). Az anoxigenikus fototróf baktériumokat magába foglaló *Rhodobacter* nemzetség a Fertő nyílt és nádas vize mellett a Bőddi-székben és a Bűdös-székben (Borsodi és társai 2013, Szabó és társai 2015) is megjelent. Szikes tavakból gyakran izolált, glükózidáz aktivitással rendelkező *Cellulomonas* nemzetséget (Sorokin és társai 2014) a Fertő nyílt vizén kívül Kelemen-székben és Nagy-Vadasból is kimutatható volt (Rusznay és társai 2008b). A Kelemen-székben detektált *Paracoccus*, *Pseudomonas*, *Nesterenkonia*, *Planococcus*, *Cellvibrio*, *Dyadobacter*, *Pedobacter* nemzetségek, továbbá a Nagy-Vadasból kimutatott *Paracoccus*, *Shewanella*, *Microbacterium*, *Nesterenkonia*, *Sphingomonas*, *Cellvibrio*, *Aquimonas* nemzetségek megjelentek a Fertő vízében is (Rusznay és társai 2008b). Végül pedig a Velencei-tóból kimutatott *Aeromonas*, *Shewanella*, *Paenibacillus*, *Micrococcus*, *Microbacterium* taxonokat (Borsodi és társai 2007) szintén izoláltuk a Fertő vízből.

A Fertőn végzett korábbi tanulmányokkal való viszonylag kis mértékű átfedés oka lehet egyrészt, hogy a

mintavételek között két évtized telt el, másrészt az alkalmazott táptalajok, tenyésztési technikák és a baktériumok faji szintű azonosításának módja szintén különbözött az általunk alkalmazottól. Az általunk alkalmazott technikák a tenyészhető baktériumközösségek szélesebb spektrumát volt képes feltárni, korábban ennyiféle baktérium fajt a Fertőből nem sikerült tenyésztésbe vonni.

Megemlítendő, hogy nagy számban, elsősorban a nádas vizének mintájából sikerült a tudomány számára nézve új baktériumtaxonokat tenyésztésbe vonnunk: a Proteobacteria, Bacteroidetes és a Verrucomicrobia törzsek képviselőit, pontos leírásuk további vizsgálatok tárgyát képezi.

## ÖSSZEFOGLALÁS

A Fertő Magyarországhoz tartozó részének 85%-át nádas fedi, ennek ellenére egységes törendszernek tekinthető a következő három szerkezeti alrendszerrel: nyílt víz, nádas és belső tavak (Borsodi, 1992). Ezen három élőhelyen egyes baktériumcsoportok mennyisége (pl. szulfátredukálók, heterotróf baktériumok) a több huminanyagot tartalmazó mintavételi pontokon (Kis-Herlakni belső tó vize és nádas vize) enyhén magasabb volt, ugyanakkor a magasabb a-klorofill és lebegőanyag koncentrációjú nyílt víz baktériumközössége szénforrás-hasznosítási profilja alapján aktívabbnak tűnt. Tenyésztési technikával igazoltuk, hogy a Proteobacteria törzs tagjai mindhárom élőhelyre jellemzőek, továbbá kimutattuk az Actinobacteria, Firmicutes és Bacteroidetes törzsek tagjait is. A Verrucomicrobia törzs képviselőit viszont csak a nádas vizében detektáltuk. Mindhárom mintavételi pontról nagy számban mutattunk ki *Rheinheimera* nemzetségbe tartozó baktériumfajokat. Ezen nemzetség tagjai a nyílt vízben és a Kis-Herlakni belső tó vizében dominánsan jelentek meg, míg a nádas vizéből legnagyobb számban *Pseudomonas* fajokat izoláltunk. Sikerült a tudomány számára nézve új baktériumtaxonokat tenyésztésbe vonnunk: a Proteobacteria, Bacteroidetes és a Verrucomicrobia törzsek képviselőit.

## KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

A kutatást az OTKA K 116275 pályázat támogatta. A szerzők köszönetüket fejezik ki Németh Balázsnak, Szabó Tímeának, Mogyorósi Sándornak és Udvardy Ferencnek a mintavételbeli segítségükért.

## IRODALOMJEGYZÉK

- Ács É, Borsodi A. K., Makk J., Molnár P., Mózes A., Rusznyák A., Reskóné M. N., Kis K. T. (2003). Algological and bacteriological investigations on reed periphyton in Lake Velencei, Hungary. *Hydrobiol*, 506(1-3), 549-557.
- Bernardet, J.-F., Bowman, J. P. (2010). Genus I. Flavobacterium. In: *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*, Krieg, N. R., Staley, J. T., Brown, D. R., Hedlund, B., P., Paster, B., J., Ward, N. L., Ludwig W., Whitman, W. B. (eds), Vol 4, 2nd edn, Springer, p. 112.
- Borsodi, A., Sallai, K. (1997). A Fertő fenéküledékének alkalofil baktérium közösségei. *Hidrológiai Közlemény*, 77(5), 259-263.
- Borsodi, A. (1990). Számítógépes analízisek a Fertő-tó nyíltvízi régiójának baktériumközösségén. *Hidrológiai Közlemény*, 70(3), 173-192.
- Borsodi, A. (1992). A Fertő-tó nyíltvízi planktonikus baktériumközösségeinek speciesz-szintű numerikus analízise. Doktori értekezés, Mikrobiológiai Tanszék, Eötvös Loránd Tudományegyetem.
- Borsodi, A. K., Farkas, I., Kurdi, P. (1998). Numerical analysis of planktonic and reed biofilm bacterial communities of Lake Fertő (Neusiedlersee, Hungary/Austria). *Water Res*, 32(6), 1831-1840.
- Borsodi, A. K., Knáb, M., Czeibert, K., Márialigeti, K., Vörös, L., Somogyi, B. (2013). Planktonic bacterial community composition of an extremely shallow soda pond during a phytoplankton bloom revealed by cultivation and molecular cloning. *Extremophiles*, 17(4), 575-584.
- Borsodi, A. K., Rusznyák, A., Molnár, P., Vladár, P., Reskóné, M. N., Tóth, E. M., Sipos, R., Gedeon, G., Márialigeti, K. (2007). Metabolic activity and phylogenetic diversity of reed (*Phragmites australis*) periphyton bacterial communities in a Hungarian shallow soda lake. *Microbial Ecol*, 53(4), 612-620.
- Borsodi, A. K., Szirányi, B., Krett, G., Márialigeti, K., Janurik, E., Pekár, F. (2016). Changes in the water quality and bacterial community composition of an alkaline and saline oxbow lake used for temporary reservoir of geothermal waters. *Environ Sci Pollut Res*, 1-13.
- Brettar, I., Christen, R., Höfle, M. G. (2002). *Rheinheimera baltica* gen. nov., sp. nov., a blue-coloured bacterium isolated from the central Baltic Sea. *IJSEM*, 52(5), 1851-1857.
- Chen, W. M., Chiu, C. Y. (2010). *Rheinheimera aquatica* sp. nov., antimicrobial activity-producing bacterium isolated from freshwater culture pond. *J Microbiol Biotechn*, 20(10), 1386-1392.
- Chen, W. M., Lin, C. Y., Sheu, S. Y. (2010). Investigating antimicrobial activity in *Rheinheimera* sp. due to hydrogen peroxide generated by l-lysine oxidase activity. *Enzyme Microb Techn*, 46(6), 487-493.
- Davis, K.E.R., Joseph, S., J., Janssen, P.H. (2004). Effects of growth medium, inoculum size, and incubation time on culturability and isolation of soil bacteria. *Appl Environ Microbiol*, 71(2), 826-834.
- Dinka, M., Ágoston-Szabó, E., Berczik, Á., Kutrucz, G. (2004). Influence of water level fluctuation on the spatial dynamic of the water chemistry at lake Fertő/Neusiedler See. *Limnol-Ecol Manag of Inland Waters*, 34(1), 48-56.
- Dokulil, M. (1979). Optical properties, colour and turbidity. In: *Neusiedlersee: the limnology of a shallow lake in Central Europe*, Löffler, H. (ed), Dr. W. Junk Publishers, The Hague-Boston-London (Springer Netherlands.) pp. 151-167.



- Dworkin, M., Falkow, S., Rosenberg, E., Schleifer, K.-H., Stackebrandt, E. (2006a). In: *The Prokaryotes*, Vol 3, 3rd edn, Springer, p. 962.
- Dworkin, M., Falkow, S., Rosenberg, E., Schleifer, K.-H., Stackebrandt, E. (2006b). In: *The Prokaryotes*, Vol 6, 3rd edn, Springer, p. 646.
- Eaton, A. D., Clesceri, L. S., Greenberg, A. E. (1995). Fixed and volatile solids. *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 2-57.
- Felföldi, T., Somogyi, B., Márialigeti, K., Vörös, L. (2011): A Fertő-tó mikrobaközösségeinek jellemzése tenyésztéstől független, csoportspecifikus molekuláris biológiai módszerekkel. *Hidrológiai Közlemény*, 91(6), 42-44.
- Garthright, W. E., Blodgett, R. J. (2003). FDA's preferred MPN methods for standard, large or unusual tests, with a spreadsheet. *Food Microbiol*, 20(4), 439-445.
- Giovannelli, D., Molari, M., d'Errico, G., Baldrighi, E., Pala, C., Manini, E. (2013). Large-scale distribution and activity of prokaryotes in deep-sea surface sediments of the Mediterranean Sea and the adjacent Atlantic Ocean. *PloS one*, 8(8), e72996.
- Giovannoni, S. J., Stingl, U. (2005). Molecular diversity and ecology of microbial plankton. *Nature*, 437(7057), 343-348.
- Gryta, A., Frqc, M., Oszust, K. (2014). The application of the Biolog EcoPlate approach in ecotoxicological evaluation of dairy sewage sludge. *Appl Biochem Biotechnol*, 174(4), 1434-1443.
- Halpern, M., Senderovich, Y., Snir, S. (2007). *Rheinheimera chironomi* sp. nov., isolated from a chironomid (Diptera; Chironomidae) egg mass. *IJSEM*, 57(8), 1872-1875.
- Harwani, D. (2013). The great plate count anomaly and the unculturable bacteria. *Microbiol*, 2(9), 350-351.
- Hobbie, J. E., Daley, R. J., Jasper, S. (1977). Use of nucleopore filters for counting bacteria by fluorescence microscopy. *Appl Environ Microbiol*, 33(5), 1225-1228.
- Kalwasińska, A., Felföldi, T., Walczak, M., Kosobucki, P. (2015). Physiology and molecular phylogeny of bacteria isolated from alkaline distillery lime. *Pol J Microbiol*, 64(4), 369.
- Kéki, Zs., Grébner, K., Bohus, V., Márialigeti, K., Tóth, E. (2013). Application of special oligotrophic media for cultivation of bacterial communities originated from ultrapure water. *Acta Microbiol Immunol*, 60(3), 345-357.
- Korponai, K., Szabó, A., Somogyi, B., Vörös, L., Vajna, B., Boros, E., Felföldi, T. (2016). A planktonikus bakteriális közösségek szezonális alakulása különböző karakterű szikes tavakban. *Hidrológiai Közlemény*, 96(különszám), 44-52.
- Krett, G., Palatinszky, M. (2009). A polyphasic study on the species diversity of the sediment microbiota of Lake Hévíz. *Acta Microbiol Immunol*, 56(4), 339-355.
- Krett, G., Vágány, V., Makk, J., Jáger, K., Reskóné, M., Márialigeti, K., Borsodi, A. (2013). Phylogenetic diversity of bacterial communities inhabiting the sediment of Lake Hévíz—A comparison of cultivation and cloning. *Acta Microbiol Immunol*, 60(2), 211-235.
- Kurdi, P., Borsodi, A. (1995): A Fertő-tó nádasok övezte belső tavi planktonikus baktériumközösségeinek numerikus analízise. *Hidrológiai Közlemény*, 75(4), 238-244.
- Lipponen, M. T., Suutari, M. H., Martikainen, P. J. (2002). Occurrence of nitrifying bacteria and nitrification in Finnish drinking water distribution systems. *Water Res*, 36(17), 4319-4329.
- Németh, J. (1998): A biológiai vízminősítés kérdései. In: *Vízi természet és környezetvédelem 7.*, Németh, J. (ed), KGI, Budapest, p. 303.
- Newton, R. J., Jones, S. E., Eiler, A., McMahon, K. D., Bertilsson, S. (2011). A guide to the natural history of freshwater lake bacteria. *Microbiol Mol Biol Rev*, 75(1), 14-19.
- Postgate, J. R. (1984) *The Sulfate-Reducing Bacteria*. 2nd. edn, Cambridge University Press, New York.
- Reasoner, D. J., Geldreich, E. E. (1985). A new medium for the enumeration and subculture of bacteria from potable water. *Appl Env Microbiol*, 49(1), 1-7.
- Rowe, R., Todd, R., Waide, J. (1977). Microtechnique for most-probable-number analysis. *Appl Env Microbiol*, 33(3), 675-680.
- Rusznayk, A., Vladár, P., Molnár, P., Reskóné, M. N., Kiss, G., Márialigeti, K., Borsodi, A. K. (2008a). Cultivable bacterial composition and BIOLOG catabolic diversity of biofilm communities developed on *Phragmites australis*. *Aquatic Botany*, 88(3), 211-218.
- Rusznayk, A., Vladár, P., Szabó, G., Márialigeti, K., Borsodi, A. K. (2008b). Phylogenetic and metabolic bacterial diversity of *Phragmites australis* periphyton communities in two Hungarian soda ponds. *Extremophiles*, 12(6), 763-773.
- Ryu, S. H., Chung, B. S., Park, M., Lee, S. S., Lee, S. S., Jeon, C. O. (2008). *Rheinheimera soli* sp. nov., a gammaproteobacterium isolated from soil in Korea. *IJSEM*, 58(10), 2271-2274.
- Sanders, E. R. (2012). Aseptic laboratory techniques: plating methods. *J Vis Exp*, 1(63), 1-18.
- Schlesner, H., Jenkins, C., Staley, J. T. (2006). The phylum Verrucomicrobia: a phylogenetically heterogeneous bacterial group. In *The Prokaryotes*, Springer, New York. (pp. 881-896).
- Sly, L. I., Cahill, M. M. (1997). Transfer of *Blastobacter natatorius* (Sly 1985) to the Genus



*Blastomonas* gen. nov. as *Blastomonas natatoria* comb. nov. *IJSEM*, 47(2), 566-568.

Somogyi, B., Felföldi, T., Dinka, M., Vörös, L. (2010). Periodic picophytoplankton predominance in a large, shallow alkaline lake (Lake Fertő, Neusiedlersee). *Annales de Limnologie-International J Limn*, 46(1), 9-19.

Somogyi, B., Herzig, A., Németh, B., Vörös, L. (2011). Szervetlen lebegőanyagok hatása sekély tavak fitoplankton struktúrájára (különös tekintettel a pikoplanktonra). *Hidrológiai Közlemény*, 91(6), 72-74.

Sorokin, D. Y., Berben, T., Melton, E. D., Overmars, L., Vavourakis, C. D., Muyzer, G. (2014). Microbial diversity and biogeochemical cycling in soda lakes. *Extremophiles*, 18(5), 791-809.

Szabó, A., Korponai, K., Somogyi, B., Vörös, L., Jurecska, L., Márialigeti, K., Felföldi, T. (2015): Egy asztalikus szikes-tó planktonikus mikrobaközösségének taxonómiai és funkcionális genomikai analízise. *Hidrológiai Közlemény*, 95(5-6), 73-76.

Szuróczi, S., Kéki, Zs., Káli, Sz., Lippai, A., Márialigeti, K., Tóth, E. (2016). Microbiological investigations on the water of a thermal bath at Budapest.

## A SZERZŐK



galata.

**SZURÓCZI SÁRA** Biológus. MSc diplomáját az Eötvös Loránd Tudományegyetemen szerezte 2015-ben. Diplomamunkáját az ELTE Mikrobiológiai tanszékén írta, melynek témája: egy budapesti termálfürdő baktériumközösségeinek feltérképezése volt tenyésztési módszerekkel. Jelenleg az ELTE Környezettudományi Doktori Iskola hallgatója. Kutatási témája a Fertő mikrobiológiai viz-

**KORPONAI KRISTÓF** Biológus, az Eötvös Loránd Tudományegyetemen folytat doktori tanulmányokat. Érdeklődési területe (elsősorban szikes) állóvizeket ölel fel, környezeti mikrobiológiai vonatkozásban.

**SÁRI ESZTER** Biológus alapszakon végzett az Eötvös Loránd Tudományegyetemen. Tanulmányait az ELTE biológus MSc képzésén folytatja. Diplomamunkáját a Mikrobiológiai Tanszéken írta, témája a Kis-Herlakni-tó mikrobiológiai vizsgálata.

**TUGYI NÓRA** Tudományos segédmunkatárs, MTA Ökológiai Kutatóközpont, Balatoni Limnológiai Intézet. Másodéves PhD hallgató a Biológia Doktori Iskolában, az Eötvös Loránd Tudományegyetemen. Kutatási területek: a heterotróf baktériumok szerepének vizsgálata sekély tavakban, valamint az aerob anoxigenikus fotoheterotróf baktériumok elterjedésének, szerepének vizsgálata hazai vizekben. A Magyar Hidrológiai Társaság tagja 2015 óta.

**FELFÖLDI TAMÁS** Biológus, PhD fokozatát az Eötvös Loránd Tudományegyetem Mikrobiológiai Tanszékén szerezte meg, az ELTE adjunktusa, a Genomikai Laboratórium vezetője. Jelenlegi kutatási területe természetes vizes élőhelyek mikrobiális ökológiáját és gerinctelenek mole-

*Acta Microbiol Immunol*, 63(2), 229-241.

V.-Balogh, K., Németh, B., Vörös, L. (2009). Specific attenuation coefficients of optically active substances and their contribution to the underwater ultraviolet and visible light climate in shallow lakes and ponds. *Hydrobiol*, 632(1), 91-105.

Wand, H., Laht, T., Peters, M., Becker, P. M., Stottmeister, U., Heinaru, A. (1997). Monitoring of biodegradative *Pseudomonas putida* strains in aquatic environments using molecular techniques. *Microb Ecol*, 33(2), 124-133.

Zhang, X., Sun, L., Qui, F., McLean, R. J. C., Jiang, R., Song, W. (2008). *Rheinheimera tangshanensis* sp. nov., a rice root-associated bacterium. *IJSEM*, 58(10), 2420-2424.

Zhou, M. Y., Chen, X. L., Zhao, H. L., Dang, H. Y., Luan, X. W., Zhang, X. Y., He, H.-L., Zhou, B.-C., Zhang, Y. Z. (2009). Diversity of both the cultivable protease-producing bacteria and their extracellular proteases in the sediments of the South China Sea. *Microb Ecol*, 58(3), 582-590.

## Internetes hivatkozás:

[https://www.windguru.cz/archive.php?id\\_spot=235&id\\_model=3](https://www.windguru.cz/archive.php?id_spot=235&id_model=3) (2016.12.25.)

kuláris taxonómiáját öleli fel, amiket új fajok leírása egészít ki. A Magyar Hidrológiai Társaság tagja 2009 óta.

**SOMOGYI BOGLÁRKA** Tudományos munkatárs, MTA Ökológiai Kutatóközpont, Balatoni Limnológiai Intézet. PhD fokozatát 2011-ben szerezte meg az Eötvös Loránd Tudományegyetemen, hidrobiológia szakterületen. Kutatási területe a fotoautotróf és heterotróf mikroorganizmusok dinamikájának és kapcsolatrendszerének vizsgálata természetes vizekben. Kiemelten foglalkozik pikoalga törzsek izolálásával, tenyésztésével, ökofiziológiai vizsgálatával illetve molekuláris filogenetikai azonosításával. A Magyar Hidrológiai Társaság tagja. Vitális Sándor Szakirodalmi Nívódíjban részesült 2011-ben.

**MÁRIALIGETI KÁROLY** Biológus, mikrobiológus, habilitált egyetemi tanár, az MTA doktora. Mester és doktori képzésben az általános és környezeti mikrobiológia legágazóbb területén tart előadásokat. Közleményei a környezeti mikrobiológia, mikrobiális ökológia, mikrobiális taxonómia és filogenetika, környezeti biotechnológia témakörében jelentek meg. Száznál több angol nyelvű folyóiratcikkére 1700 feletti független hivatkozást kapott. A Magyar Hidrológiai Társaság tagja 2015 óta. Vitális Sándor Szakirodalmi Nívódíjban részesült 2011-ben és 2016-ban.

**TÓTH ERIKA** Biológus, mikrobiológus az ELTE Mikrobiológiai Tanszékének habilitált egyetemi docense. Oktat az alap, mester és doktori képzésben. Kutatási területei a mikrobiális ökológia területén első sorban vizes élőhelyek (természetes és mesterséges vizek) bakteriális közösségeinek vizsgálatát ölelik fel. A kemotaxonómiai labor vezetője, jelentős publikációi vannak a prokarióta taxonómia témakörében is. Tagja a ICSP (International Committee on Systematics of Prokaryotes) vezetőségének és a Magyar Mikrobiológiai társaság Ellenőrző Bizottságának. A Magyar Hidrológiai Társaság tagja 2007 óta.